

ICS 75. 100
E 34

SH

中华人民共和国石油化工行业标准

NB/SH/T 0306—2013

代替 SH/T 0306—1992

润滑油承载能力的评定 FZG 目测法

Standard test method for evaluating the scuffing load capacity of oils
(FZG visual method)



2013-06-08 发布

2013-10-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 方法概要 2

5 意义和用途 2

6 试验设备 2

7 试剂和材料 3

8 试验机标定 4

9 安全事项 5

10 试验准备 5

11 试验步骤 6

12 试验报告 8

13 精密度和偏差 9

14 关键词 9

附录 A（规范性附录）安全措施及注意事项 10

附录 B（规范性附录）试验齿轮评判图例 11

附录 C（资料性附录）本标准的章条编号与 ASTM D5182 -97（2008）章条编号对照 14

前 言

本标准修改采用美国试验和材料协会标准 ASTM D5182 - 97 (2008) 《润滑油承载能力测定法 (FZG 目测法)》。

本标准是根据 ASTM D5182 - 97 (2008) 重新起草。

为了适合我国国情, 本标准在采用 ASTM D5182 - 97 (2008) 时进行了部分修改。本标准与 ASTM D5182 - 97 (2008) 的结构差异见附录 C。本标准与 ASTM D5182 - 97 (2008) 的主要技术差异如下:

- 本标准中部分引用标准采用我国相应的国家标准;
- 本标准在 7.1 条增加了“其他合适的清洗溶剂”;
- 本标准在 7.2 条增加了“QCL-003 型齿轮”;
- 本标准增加了第 8 章“试验机标定”, 使标准方法更加完善, 有利于保持试验结果的一致性。
- 本标准增加了“11.6 试验结束后应松开离合器上螺母, 否则会损坏试验机”, 使试验操作更加合理, 减少误操作对试验机的损坏;
- 本标准增加了“表 4 齿面损坏描述和特征”, 有助于更好判断齿轮是否失效;
- 本标准在第 12 章增加了“除了报告失效级别外, 试验报告还应包括相应的试验信息, 例如: 油样名称, 齿轮类型, 试验转速, 试验油温 (启动温度), 试验方法, 试验前齿轮检查结果等”, 使试验报告内容更加完整;
- 本标准增加了“A.2 启动电动机前, 拧紧齿轮箱上盖螺栓”;
- 本标准增加了“A.3 启动电动机前, 检查驱动齿轮箱机油液面。必要时更换驱动齿轮箱机油”, 以保证试验安全进行;
- 本标准增加了“A.6 应遵守所有与其有关的安全规定”;
- 本标准删去了 ASTM D5182 - 97 (2008) 中“图 5 齿轮检查表”;
- 本标准删去了 ASTM D5182 - 97 (2008) 中“A.2 试验设备”。

本标准代替 SH/T 0306—1992 《润滑剂承载能力测定法 (CL-100 齿轮机法)》, SH/T 0306—1992 是参照 IP 334/80 《润滑油承载能力试验 (FZG 齿轮机法)》制定的。

本标准与 SH/T 0306—1992 相比主要变化如下:

- SH/T 0306—1992 规定每级试验启动初始温度为 90℃, 本标准规定从第 4 级开始试验启动初始温度为 90℃;
- 本标准增加了“第一级试验前应该先安装第 12 级载荷, 保持 2 min ~ 3min (不运转)”;
- 试验结果判定标准改变。

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录, 附录 C 为资料性附录。

本标准由中国石油化工集团公司提出。

本标准由全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会石油燃料和润滑剂分技术委员会 (SAC/TC280/SC1) 归口。

本标准起草单位: 中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院。

本标准的主要起草人: 苗启乐、宋海清、樊金石。

本标准所替代标准的历次版本发布情况为:

- SH/T 0306—1992。

润滑油承载能力的评定 FZG 目测法

1 范围

1.1 本标准规定了评定硬质钢齿轮用润滑油承载能力（齿轮胶合）的试验方法。刮伤是磨粒磨损的一种形式，也是本标准规定的一种失效形式。本标准主要用于评价添加少量添加剂的润滑油（例如：工业齿轮油、变速箱油和液压油等）的承载能力，但不适用于评定高压性能润滑油（例如：API GL-4 和 GL-5 规格的齿轮油）的承载能力。

1.2 本标准采用国际单位制〔SI〕单位。

1.3 本标准涉及某些有危险性的材料、操作和设备，但并未对与此有关的所有安全问题都提出建议。因此，用户在使用本标准之前，有责任建立适当的安全和防护措施，并确定相关规章限制的适用性。有关安全措施及注意事项见附录 A。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T17754 摩擦学术语

SH 0004 橡胶工业用溶剂油

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准，也可参见 GB/T 17754 摩擦学术语。

3.1

划痕 scratching

由相对滑动对磨面的微凸体和（或）磨粒作用使表面材料脱落或迁移。

3.2

磨料磨损 abrasive wear

由于硬颗粒或硬突起对固体表面挤压和沿表面运动而造成的磨损。

3.3

刮伤 scoring

在摩擦表面滑动方向上形成广泛的沟槽和划痕的严重磨损形式。

3.4

粘着磨损（胶合） adhesive wear (scuffing)

由于粘着作用使材料由一表面转移至另一表面或脱落所引起的磨损。

3.5

抛光 polishing

磨粒磨损中轻度磨损，材料轻微损失，典型的是表面光滑，全部或部分原始表面花纹消失。

4 方法概要

使用 FZG 齿轮试验机或同类替代设备评定润滑油的承载能力。试验机加载第 1 级后,以恒定转速(约 1450r/min)运行约 15min (21700r),然后逐级增加载荷直至达到失效级别(见表 1),第 4 级开始以后各级控制启动时试验油温(90℃)。安装试验齿轮前和每级试验后均检查齿面状况,评估齿面累计胶合状况。

表 1 标准 FZG 载荷级别

载荷级别	小齿轮上扭矩/ (N·m)	齿面载荷/ N	赫兹接触应力/ (N/mm ²)	传递的总能量/ (kW·h)	加载载荷
1	3.3	99	146	0.19	H_1
2	13.7	407	295	0.97	H_2
3	35.3	1044	474	2.96	$H_2 + K$
4	60.8	1799	621	6.43	$H_2 + K + W_1$
5	94.1	2786	773	11.8	$H_2 + K + W_1 + W_2$
6	135.5	4007	929	19.5	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_3$
7	183.4	5435	1080	29.9	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_4$
8	239.3	7080	1232	43.5	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_5$
9	302.0	8949	1386	60.8	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_6$
10	372.6	11029	1539	82.0	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_7$
11	450.1	13342	1691	107.0	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_8$
12	534.5	15826	1841	138.1	$H_2 + K + W_1 + \dots + W_9$

注: H_1 ——载荷力臂 H_1 (轻);
 H_2 ——载荷力臂 H_2 (重);
 K ——砝码托盘;
 $W_1 \sim W_9$ ——砝码。

5 意义和用途

5.1 许多汽车和工业设备中使用齿轮系统传递能量。较高转速条件下,润滑油和添加剂是防止齿轮胶合(粘着磨损)的重要因素。本试验方法用来评价润滑直齿轮和螺旋齿轮(平行轴)油的承载能力。

5.2 试验设备(试验机和齿轮)的评价能力限制了试验方法适用范围,用该试验方法得出的承载能力试验结果,与螺旋型准双曲面斜齿轮试验结果没有直接的相关性。在区别少量添加剂和没有添加剂的试验油方面也受到限制。满足 GL-4 或 GL-5 要求较高水平的添加剂,一般都超出该试验设备的最大测试能力,因此不能使用此试验方法评定这些添加剂(或试验油)的承载能力。

6 试验设备

6.1 FZG 齿轮试验装置

6.1.1 试验设备更完整、详细的描述和操作说明见生产商/供应商提供的说明书。

6.1.2 FZG 齿轮试验机采用闭环能量施加原理,即正力矩试验原理,给试验齿轮施加规定的扭矩(载荷)。图 1 和图 2 给出了 FZG 试验机的示意图。通过两个弹性轴把试验齿轮和驱动齿轮连接在一起。弹

性轴1包含了一个加载离合器,通过在载荷力臂上悬挂砝码的方式给试验系统施加规定扭矩。

6.1.3 试验齿轮箱安装了加热器和冷却管路,控制试验油温。试验齿轮箱一端安装了热电偶,控制加热和冷却系统,以便获得方法规定的操作条件。

6.1.4 FZG 试验机由电动机驱动,电动机转速为 1440r/min 时功率不小于 5.5kW (7.4HP)。

6.2 计时器原理

使用合适的计时器或转速计数表,控制每一级试验的转数。计时器能在每一级试验结束后自动切断电动机电源。

6.3 加热板

使用加热板或适当的加热工具将齿轮加热到 60℃ ~ 80℃,便于把齿轮安装到轴上。

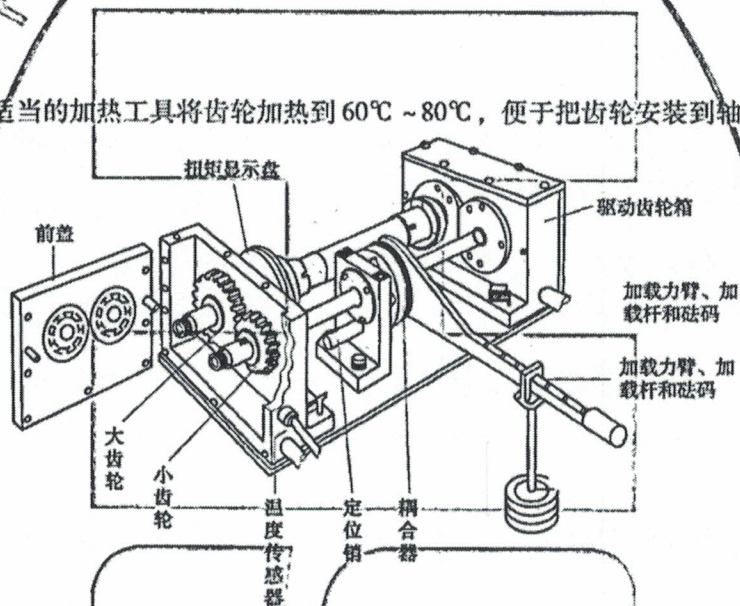


图1 典型 FZG 试验机示意图

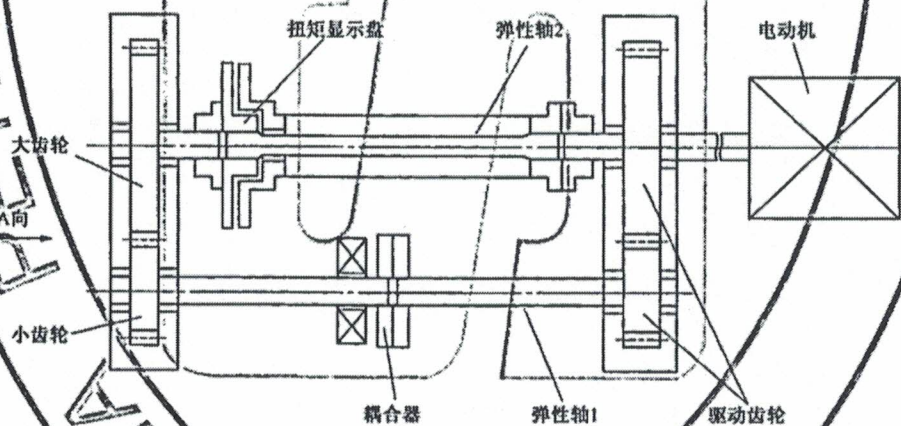


图2 FZG 试验机结构示意图

7 试剂和材料

7.1 清洗溶剂

清洗试验机使用溶剂油或其它合适的清洗溶剂。

注1：清洗溶剂属于易燃物品，挥发的气体有害。应远离热源、火花和明火（见附录 A）。
注2：溶剂油满足 SH 0004 要求。

7.2 试验齿轮

试验齿轮使用 FZG “A” 型齿轮或国产 QCL-003 型齿轮，技术参数见表 2，齿轮副轮廓示意图见图 3。每副齿轮可使用两次，但应清洗干净，避免上次试验油对下次试验产生影响。

表 2 “A” 型齿轮和 QCL-003 型齿轮技术参数

参数名称		数值
中心距/mm		91.5
有效齿宽/mm		20.0
节圆直径	小齿轮/mm	73.2
	大齿轮/mm	109.8
外圆直径	小齿轮/mm	88.7
	大齿轮/mm	112.5
模数/mm		4.5
齿数	小齿轮	16
	大齿轮	24
齿面修正系数	小齿轮	0.8635
	大齿轮	-0.5103
标准压力角/(°)		20
啮合角/(°)		22.5
洛氏硬度		60~62
齿面粗糙度/ μm		0.3~0.7

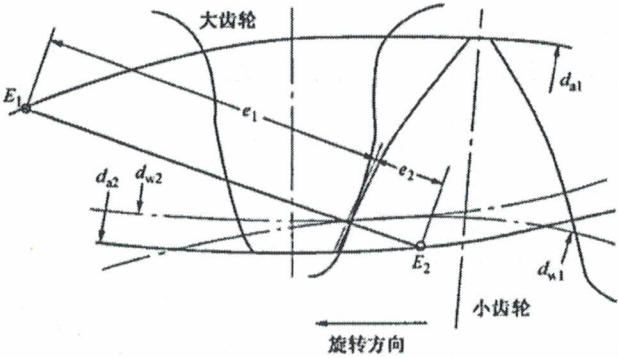


图 3 齿轮副轮廓示意图

8 试验机标定

8.1 新试验机标定

新试验机应运行合适的参考油（例如：欧洲协调委员会（CEC）的参考油 RL219 和 RL214）试验，校验试验机的重复性和苛刻度。

8.2 在用试验机标定

在用试验机每年或运行 40 次试验后，应运行参考油试验，校验试验机的重复性和苛刻度。

9 安全事项

本标准涉及使用高负荷齿轮和高转速轴，应采取适当的防护措施（见附录 A）。

10 试验准备

10.1 试验齿轮

使用清洗溶剂彻底清洗试验齿轮，去除齿轮上的保护层，必要时使用软毛刷。自然风干或吹干清洗后的齿轮，检测（目测）齿面的损坏或腐蚀状况。不能使用有任何损坏或腐蚀的齿轮运行试验。

10.2 试验齿轮箱

使用清洗溶剂彻底清洗试验齿轮箱和轴承，去除上次试验残留的试验油。该清洗步骤可在试验结束且放空试验油后、拆卸试验齿轮总成前进行。推荐清洗两次齿轮箱和轴承，以便彻底清洗掉上次试验残留油。放空清洗油后，风干试验齿轮箱和轴承。

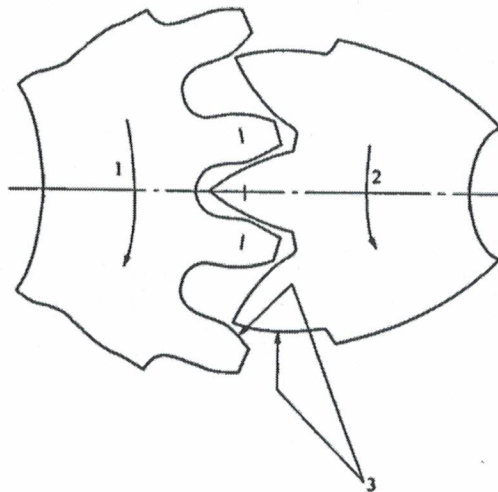
注：使用清洗溶剂清洗前，齿轮箱温度应降到 60℃ 以下。

10.3 试验齿轮总成

用加热盘或其他合适的加热工具，加热齿轮、垫块和轴承至 60℃ ~ 80℃，按照图 4 所标示的位置将试验齿轮安装到轴上（大齿轮安装在左边弹性轴上，小齿轮安装在右边弹性轴上）。顺序安装合适的垫块、轴承、锥形垫圈、止动垫圈、锁紧螺母和前盖。

10.3.1 将试验齿轮正确安装到各自轴上对获得正确结果非常重要。

注：不正确安装能使得齿面载荷不确定分布，从而导致不稳定的或更低的失效级别。



- 1——大齿轮；
- 2——小齿轮；
- 3——齿轮齿面。

图 4 试验齿轮安装示意图

10.4 添加试验油

将 1.25L 试验油加入试验齿轮箱（最高液面约到轴中心线位置）。

注：为了确保彻底清洗掉上次试验残留油，可以先将约 1.25L 试验油加入试验齿轮箱，按 10.5 条安装齿轮箱上盖，不加载，拧紧离合器上所有螺母，盖上防护罩，空载运转 3min~5min 后放空，然后再加 1.25L 试验油。

10.5 安装试验齿轮箱上盖

拧紧试验齿轮箱上盖的 6 个螺栓，连接加热器。

11 试验步骤

11.1 正式试验前，加载至 12 级（载荷见表 1），不启动电动机保持 2min~3min，确保所有间隙都在正确的工作位置。运行 11.2 条前卸掉所有载荷。

11.2 安装试验机后，用定位锁锁住离合器，松开离合器上所有螺母，加第 1 级载荷（载荷见表 1）。拧紧离合器上所有螺母（以星型或十字交叉型拧紧螺母，大小 100Nm），取下所有外加载荷、力臂和定位销，盖上防护罩。启动电动机（1450r/min），打开加热器，运转 15min（21700 转）后关闭电动机。

11.3 插入定位销，松开离合器上所有螺母。根据表 1 加第 2 级载荷。拧紧离合器上所有螺母（以星型或十字交叉型拧紧螺母，大小 100Nm），取下所有外加载荷、力臂和定位销，盖上防护罩。启动电动机（1450r/min），打开加热器，运转 15min（21700r）后关闭电动机。第 3 级的步骤与上述相同。

11.4 从第 4 级开始，包括以后各级载荷，试验过程均与 11.2 条相似；但从第 4 级开始，启动时的试验油温控制在 90℃~93℃ 之间。

11.4.1 从第 4 级开始，包括以后各级载荷，记录试验结束时油温，并检查小齿轮的损坏状况（不需要从轴上拆掉齿轮）。根据第 3 章术语和图 5~图 8 示例及表 3 中对齿面损坏状况的描述，记录齿面损坏类型和宽度。目测齿面，无放大。推荐使用表格记录每一级观察到的齿面损坏状况。

11.4.2 如果 16 个齿面所有总粘着磨损（胶合）或刮伤宽度大于或等于一个齿面宽度（20mm），试验失效，该载荷级别为失效级别。报告失效级别。附录 B 中给出了试验结果评判的示例。

11.5 运行试验直到试验失效。如果运行 12 级后仍未失效，也终止试验，试验结果为 12 级未失效。

11.6 试验结束后应松开离合器上螺母，否则会损坏试验机。

注：判断失效级别仅以小齿轮为准。

表 3 齿面损坏描述和特征

齿面损坏形式	齿面损坏特征
抛光	比新齿面光滑，齿面磨纹逐渐平滑，粗糙度减小
划痕	齿面滑动方向出现细线，细线未从齿顶延伸到齿根，交叉磨纹未消失，粗糙度基本不变
刮伤	刮伤和划痕滑动方向相同，呈线状或带状，有轻、中、深度之分，刮伤的沟槽从齿顶延伸到齿根，粗糙度增大，刮伤处交叉磨纹消失
胶合	呈线带状或全齿面胶合，胶合处形貌模糊、磨纹消失，粗糙度比交叉磨纹大且深

注：表中列出了 FZG 试验机几种典型的常见破坏形式。用目测法检查齿面，观察距离 25cm 左右，评价与原始齿面的区别。

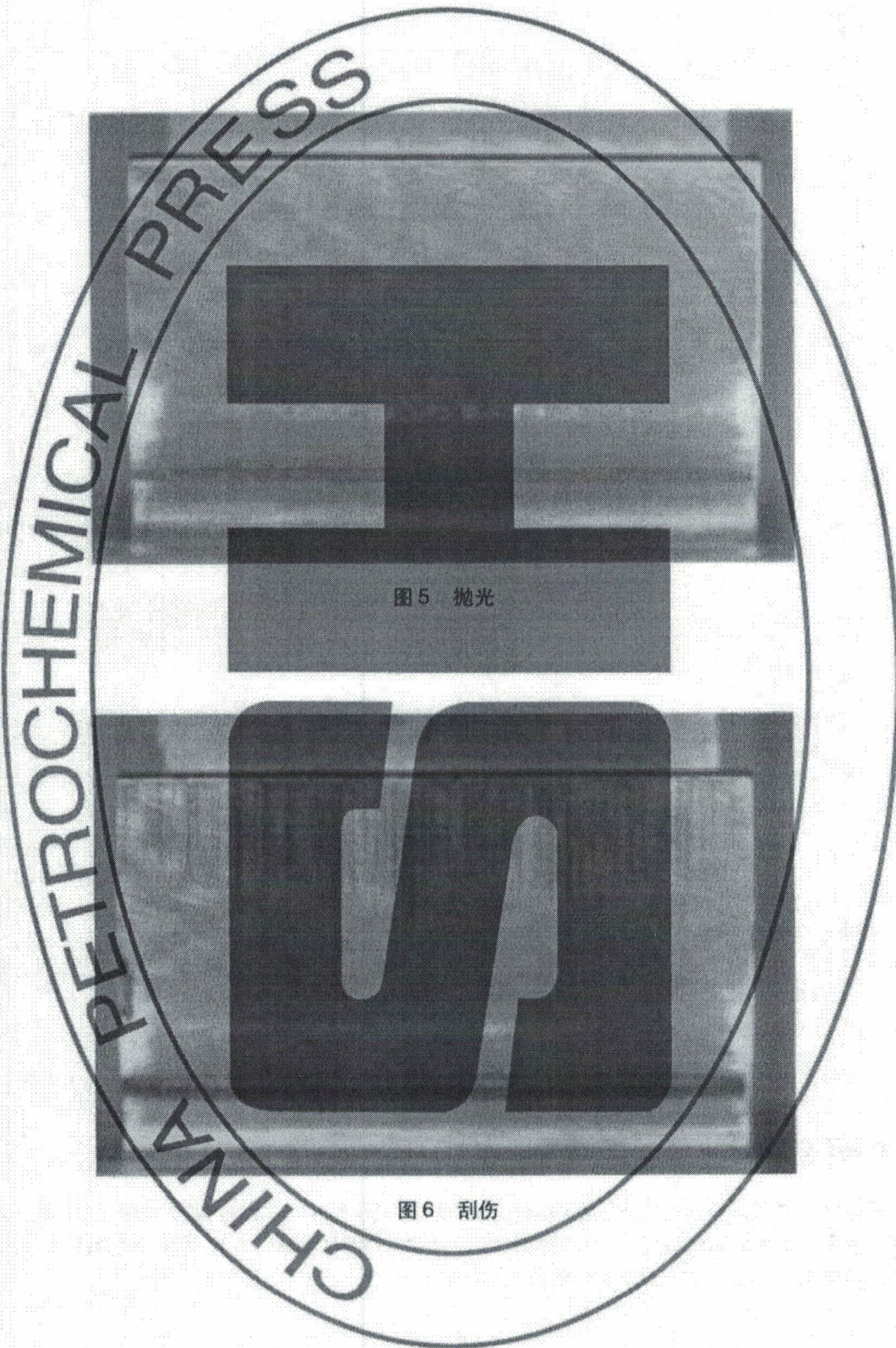


图6 刮伤

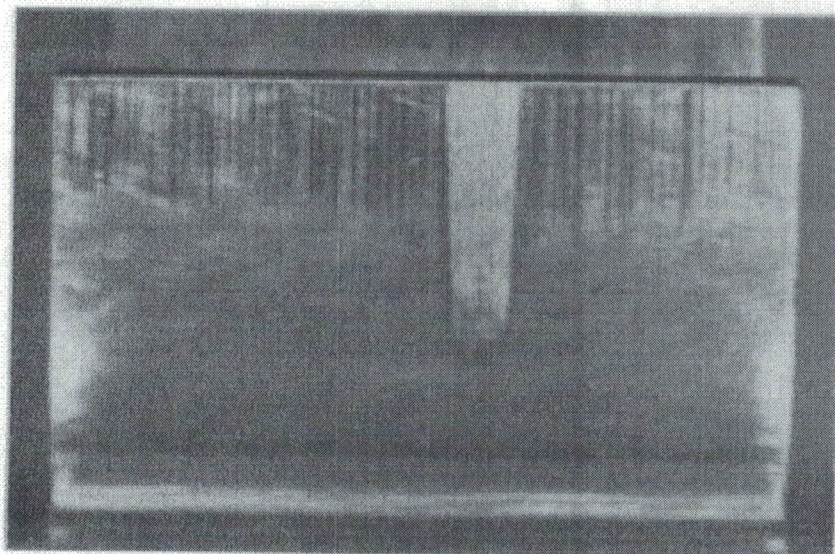


图7 刮伤和胶合

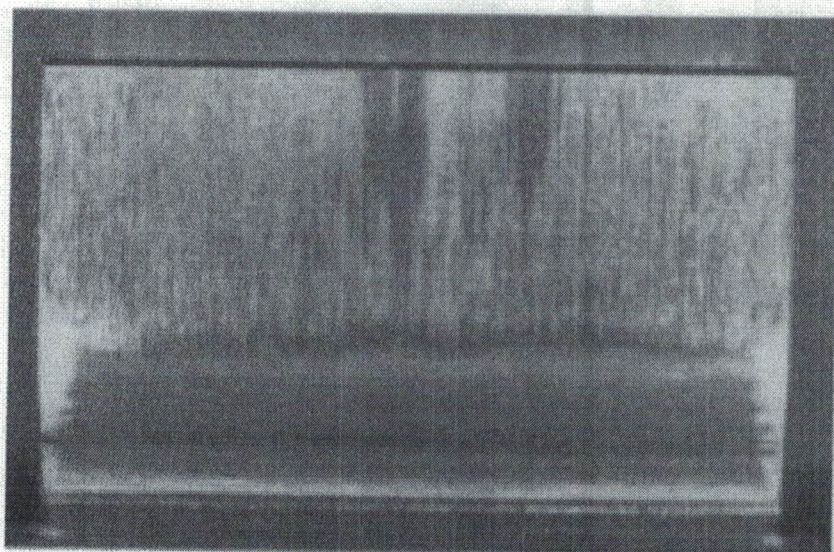


图8 胶合

12 试验报告

报告 11.4.2 得出的试验结果。如果运行 12 级后未达到失效标准，则报告 12 级未失效。除了报告失效级别外，试验报告还应包括相应的试验信息，例如：试验油名称，齿轮类型，试验转速，试验油温（启动温度），试验方法，试验前齿轮检查结果等。

13 精密度和偏差

13.1 精密度

按下述规定判断试验结果的可靠性（95%的置信水平）。

13.1.1 重复性 r

在同一实验室，同一操作者使用同一仪器，按照相同方法，对同一试样连续测定的两个试验结果之差不能超过2级载荷。

$$r=2$$

13.1.2 再现性 R

在不同实验室，不同操作者使用不同仪器，按照相同方法，对同一试样测定的两个单一、独立结果之差不能超过2级载荷。

$$R=2$$

13.2 偏差

由于没有公认的能确定试验偏差的参考油，故未定义偏差。

14 关键词

极压型油，极压，FZG，齿轮油，齿轮胶合，液压油，直齿轮，传动液。

附录 A
(规范性附录)

安全措施及注意事项

- A.1 清洗溶剂使用。
 - A.1.1 在 60℃ 以下清洗齿轮箱。
 - A.1.2 清洗时禁止产生火花或使用加热器、火花和明火等火源。
 - A.1.3 用后立即盖好盛清洗溶剂的容器。
 - A.1.4 使用合适的通风设备。
 - A.1.5 避免吸入清洗溶液蒸气和薄雾。
 - A.1.6 避免清洗溶剂反复或长时间接触皮肤。
- A.2 启动电动机前，拧紧齿轮箱上盖螺栓。
- A.3 启动电动机前，检查驱动齿轮箱机油液面。必要时更换驱动齿轮箱机油。
- A.4 正确设计和连接加热器和电动机电路。
- A.5 启动电动机前，盖好防护罩。
- A.6 应遵守所有与其有关的安全规定。

附录 B
(规范性附录)
试验齿轮评判图例

B.1 试验齿轮齿面损坏状况及试验结果评判图例如图 B.1 ~ B.8 所示。

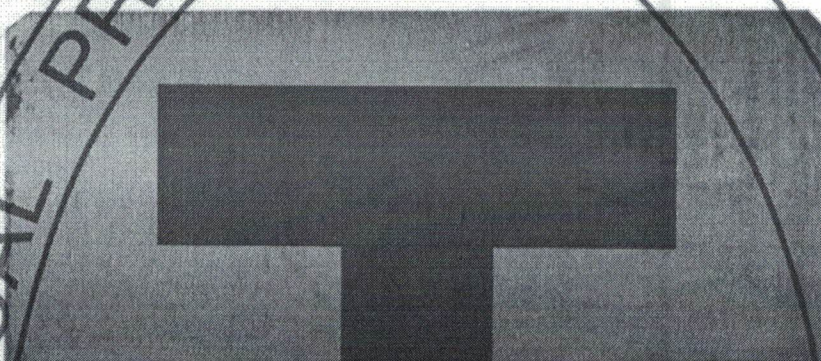


图 B.1 抛光



图 B.2 刮伤和划痕

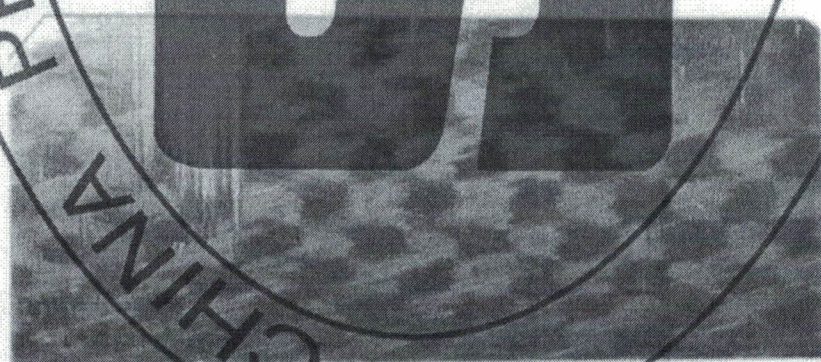


图 B.3 刮伤 (4mm)



图 B.4 刮伤 (9mm)



图 B.5 刮伤 (20mm), 失效

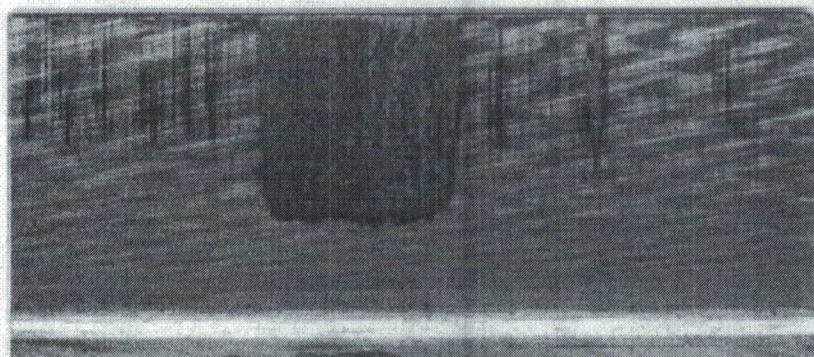


图 B.6 刮伤和胶合 (约6mm)

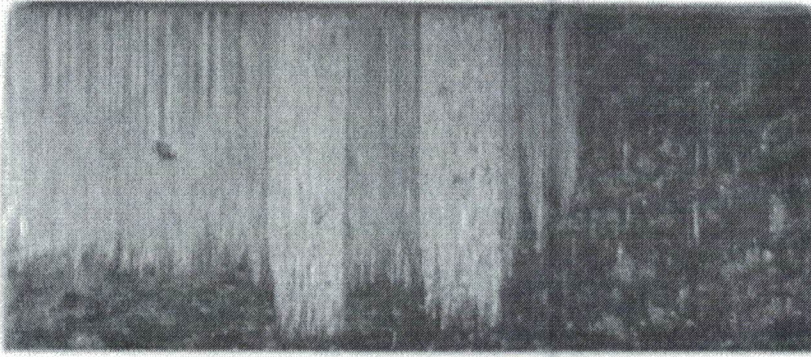


图 B.7 刮伤和胶合 (约 15mm)



图 B.8 胶合 (20mm), 失效

附录 C

(规范性附录)

本标准的章条编号与 ASTM D5182-97 (2008) 章条编号对照

C.1 本标准的章条编号与 ASTM D5182-97 (2008) 章条编号对照见表 C.1。

表 C.1 本标准的章条编号与 ASTM D5182-97 (2008) 章条编号对照表

本标准章条编号	ASTM D5182-97 (2008) 章条编号
7.1	—
7.2	—
8.1	—
8.2	—
9	8
10.1	9.1
10.2	9.2
10.3	9.3
10.4	9.4
10.5	9.5
11.1	10.1
11.2	10.2
11.3	10.3
11.4	10.4
11.5	10.5
11.6	—
12	11
13.1	12.1
13.2	12.2
14	13
A.2	—
A.3	—
A.6	—
—	A2
附录 B	A3
附录 C	—

注：表中章条编号以外的本标准的其他章条编号与 ASTM D5182-97 (2008) 章条编号均相同且内容相对应。

中华人民共和国石油化工
行 业 标 准
润滑油承载能力的评定 FZG 目测法
NB/SH/T 0306—2013

*

中国石化出版社出版发行
地址：北京市东城区安定门外大街 58 号
邮编：100011 电话：(010) 84271850
石化标准编辑部电话：(010) 84289937
读者服务部电话：(010) 84289974
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail: press@sinopec.com
北京金明盛印刷有限公司印刷
· 版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 32 千字
2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

*

书号：155114·0747
(购买时请认明封面防伪标识)